

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 102 44 848.5

**Anmeldetag:** 20. September 2002

**Anmelder/Inhaber:** DR. JOHANNES HEIDENHAIN GmbH, Traunreut/DE

**Bezeichnung:** Verfahren zur Korrektur der Abtastsignale  
inkrementaler Positionsmesseinrichtungen

**IPC:** G 01 B, G 01 D

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der  
ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 8. Mai 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Dzierzon

EV 332 459/05

Dr. Johannes Heidenhain GmbH  
Dr.-Johannes-Heidenhain-Straße 5

83301 Traunreut

JH157

---

**Verfahren zur Korrektur der Abtastsignale inkrementaler  
Positionsmesseinrichtungen**

---

**Beschreibung**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Korrektur der Abtastsignale inkrementaler Positionsmesseinrichtungen nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Bei Verwendung einer inkrementalen Positionsmesseinrichtung zur Positionsmessung entstehen durch Abtastung einer periodischen Maßstabstruktur mittels einer hierfür vorgesehenen Abtasteinheit ausgangsseitig mindestens zwei zueinander phasenverschobene, periodische analoge Abtastsignale. Diese werden zur Bestimmung der Relativposition von Maßstab und Abtasteinheit in einer nachgeordneten Auswerteeinheit ausgewertet. Hierdurch lässt sich die Relativposition zweier zueinander beweglicher Bauteile erfassen, von denen das eine mit dem Maßstab und das andere mit der Abtasteinheit verbunden ist, beispielsweise die Relativposition zweier zueinander beweglicher Maschinenteile einer Werkzeugmaschine. Als Auswerteeinheit dient in diesem Fall eine numerische Steuerung der Werkzeugmaschine.

Die Genauigkeit der Positionsbestimmung mittels einer derartigen Positionsmesseinrichtung hängt insbesondere von der Qualität der erzeugten periodischen Abtastsignale ab.

In Abhängigkeit von dem der jeweiligen Positionsmesseinrichtung zugrunde liegenden physikalischen Messprinzip sind hierbei unterschiedliche Fehlerquellen von Bedeutung.

- 5 Bei optischen Messsystemen kann es aufgrund von Ungenauigkeiten in den reflektiven oder transmittiven Teilungsstrukturen des Maßstabes zu einer Beeinträchtigung der Signalqualität kommen. Im Hinblick auf andere physikalische Messprinzipien, insbesondere magnetische Positionsmesseinrichtungen, können beispielsweise Variationen des Abtastabstandes oder der Temperatur zur Beeinflussung der Messresultate führen.

10

Derartige Fehler wirken sich insbesondere bei einer nachfolgenden Interpolation der Abtastsignale mit dem Ziel einer weiteren elektronischen Unterteilung der analogen Abtastsignale nachteilig aus. Denn bei der Interpolation werden eine ideale Form der analogen Abtastsignale sowie eine ideale Beziehung zwischen diesen (z. B. eine exakt definierte

- 15 Phasenverschiebung sowie konstante Amplitudenwerte) vorausgesetzt. Als störende Fehler sind daher vor allem unterschiedliche Amplitudenwerte der beiden phasenversetzten Abtastsignale, ein von dem vorgegebenen, idealen Phasenversatz abweichender Phasenversatz sowie ein Gleichspannungs-Offset der beiden periodischen Abtastsignale anzusehen.

20

Um derartige Abweichungen der Abtastsignale von der idealen Signalform zu korrigieren, ist es bekannt, die Abtastsignale in einer Korrekturereinheit mit Korrekturparametern zu verknüpfen, die die fehlerbehafteten Abtastsignale in ideale Abtastsignale umwandeln, vergleiche DE 197 12 622 A1. Hierzu müssen bei jeder Signalabfrage der Auswerteein-

- 25 heit Korrekturdaten zur Verfügung gestellt werden, die mit den Abtastsignalen zur Durchführung der angestrebten Korrektur verknüpft werden. Dazu werden die Korrekturdaten in Stellsignale umgesetzt, die die entsprechende Korrektur der Abtastsignale bewirken. Die Erzeugung der Korrekturdaten wird dabei jeweils durch den Signalabruf ausgelöst, mit dem die Auswerteeinheit neue Abtastsignale (Messwerte des Positionsmesssystems)
- 30 zur Auswertung anfordert und erfolgt in Abhängigkeit von aktuellen Werten der Abtastsignale. Die Signalabrufe können aufgrund definierter Abfrageraster erfolgen, wie z. B. in der DE 197 12 622 A1 beschrieben. Die Erzeugung der Korrekturdaten ist der Anforderung

rung neuer zu korrigierender Abtastsignale seitens der Auswerteeinheit untergeordnet und an die entsprechenden Zykluszeiten der Signalabrufe gebunden.

5 Der Erfindung liegt das Problem zugrunde, ein Verfahren zur Korrektur der Abtastsignale inkrementaler Positionsmesseinrichtungen zu schaffen, das hinsichtlich der Erzeugung der Korrekturdaten für die Abtastsignale weiter verbessert ist.

Dieses Problem wird erfindungsgemäß durch die Schaffung eines Verfahrens mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst.

10

Danach werden der Korrektureinheit nach jedem Signalabruf, mit dem die Auswerteeinheit neue, zu korrigierende Abtastsignale des Positionsmesssystems zur Auswertung anfordert, während mindestens eines vorgegebenen Zeitabschnittes ausschließlich Abtastsignale zugeführt, die der Erzeugung neuer Korrekturdaten dienen.

15

Es wird also nach jedem Signalabruf (Abruf neuer Messwerte des Positionsmesssystems) ein bestimmtes Zeitfenster (entsprechend einer Latenzzeit) reserviert, in dem die Korrektureinheit ausschließlich für die (intern ausgelöste) Erfassung neuer Abtastsignale mit dem Ziel der Erzeugung neuer Korrekturdaten, nicht aber für die (intern oder extern ausgelöste) Zufuhr neuer zu korrigierender und auszuwertender Abtastsignale zur Verfügung steht.

20

Hierdurch ist sichergestellt, dass in der Korrektureinheit stets die für die Korrektur der auszuwertenden Abtastsignale erforderlichen Korrekturdaten aus aktuellen Abtastsignalen erzeugt werden können und zur Durchführung der Korrektur zur Verfügung stehen. Dies wird insbesondere dadurch erreicht, dass der Korrektureinheit während des besagten Zeitabschnittes keine neuen, zu korrigierenden Abtastsignale zugeführt werden können, also die Zufuhr derartiger Abtastsignale zu der Korrektureinheit während dieses Zeitabschnittes unmöglich (gesperrt) ist.

25

30

Hierzu kann vorgesehen sein, dass alle Signalabrufe mittels einer Logikeinrichtung dahingehend überprüft werden, ob sie sich auf Abtastsignale beziehen, die in der Korrekturereinheit einer Korrektur unterworfen werden sollen, oder auf Abtastsignale, die der Er-

zeugung von Korrekturdaten dienen, wobei während des vorgegebenen Zeitabschnittes keine Signalabrufe ausgeführt werden, die sich auf in der Korrekturereinheit zu korrigierende Abtastsignale beziehen.

- 5 Der entsprechende Zeitabschnitt ist so zu wählen, dass er einerseits die Erfassung der für die Erzeugung der Korrekturdaten erforderlichen Abtastsignale gestattet und dass er andererseits kürzer ist als die Zeitdifferenz zwischen aufeinander folgenden Signalabrufen, die durch das von der Auswertereinheit vorgegebene Abfrageraster (bzw. einen Abfragetakt) definiert ist.

10

Bei den von dem Positionsmesssystem erzeugten Abtastsignalen handelt es sich um Analogsignale, die vor der Durchführung der Korrektur mittels eines Analog-/Digital-Wandlers digitalisiert werden. Bei üblichen inkrementalen Messsystemen werden nach jedem Signalabruf zwei Abtastsignale mit einem Phasenversatz von  $90^\circ$  (nach der erforderlichen Korrektur) ausgewertet. Bei Verwendung sogenannter interferenzieller Dreigit-Messsysteme können jedoch auch drei Abtastsignale mit einem idealen Phasenversatz von  $120^\circ$  vorliegen.

15

Die Erzeugung der (digitalen) Korrekturdaten erfolgt dabei jeweils in Abhängigkeit von aktuellen Werten der Abtastsignale mittels eines Mikroprozessors oder einer festverdrahteten Logikschaltung, der oder die einen Bestandteil der Korrekturereinheit bilden kann. Zur Durchführung der Korrektur sind z.B. in einem dem Mikroprozessor zugeordneten Arbeitsspeicher entsprechende Korrekturalgorithmen abgelegt.

20

- 25 Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung werden bei der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Verfahrens anhand der Figuren 1 und 2 deutlich werden, die eine Anordnung zur Durchführung der Korrektur von Abtastsignalen eines Positionsmesssystems in einem Blockschaltbild bzw. den zeitlichen Zusammenhang von Signalabrufen und Latenzzeiten zeigen.

30

Fig. 1 zeigt eine Anordnung zur Bearbeitung, insbesondere Korrektur, analoger Inkrementalsignale, die von einem Positionsmesssystem erzeugt werden. Hierbei kann es sich beispielsweise um eine Zählerkarte handeln, die zur Auswertung von Messwerten eines

Positionsmesssystems mittels eines Computers in einen entsprechenden Steckplatz des Computers einsteckbar ist.

Die Anordnung umfasst eine Prozessoreinheit 1, der über einen zugeordneten Signal-  
5 Eingang 2 Abtastsignale einer Positionsmesseinrichtung in Form sinusförmiger Strom-  
oder Spannungssignale zugeführt werden können. Diese Abtastsignale können insbe-  
sondere durch zwei um  $90^\circ$  zueinander phasenverschobene, sinusförmige Strom- oder  
Spannungssignale der Positionsmesseinrichtung gebildet werden. Der Signal-Eingang 2  
ist mit einem Mikroprozessor 10 der Prozessoreinheit 1 über einen Analog-/Digital-  
10 Wandler 20 verbunden, der mittels einer in der Prozessoreinheit 1 vorgesehenen Steue-  
rung 11 gesteuert wird.

Ferner umfasst die Prozessoreinheit 1 einen Signalperioden-Zähler 12, der einerseits  
dem Signal-Eingang 2 nachgeschaltet ist und andererseits mit dem Mikroprozessor 10 in  
15 Verbindung steht, sowie einen dem Mikroprozessor 10 zugeordneten Arbeitsspeicher 15.

Dem Mikroprozessor 10 ist zudem ein interner Einspeicher-Port 13 nachgeschaltet, über  
den der Mikroprozessor 10 ausgangsseitig mit einer Einspeicher-Logik 3 verbunden ist.  
Die Einspeicher-Logik ist eingangsseitig zusätzlich mit einem (optionalen) Abruf-Eingang  
20 4 für den externen Abruf neuer Messwerte (Abtastsignale) der Positionsmesseinrichtung  
verbunden und steht ausgangsseitig sowohl (über den Analog-/Digital-Wandler 20) mit  
dem Mikroprozessor 10 als auch mit dem Signalperiodenzähler 12 der Prozessoreinheit  
1 in Verbindung .

25 Der Prozessoreinheit 1 nachgeordnet sind ein Buskoppler 5 und ein Bus 6, über den die  
in der Prozessoreinheit 1 bearbeiteten Signale einer Auswerteeinheit zuführbar sind, bei  
der es sich vorliegend um einen Computer handelt, die aber auch durch eine sonstige  
numerische Steuerung oder Motorregelung gebildet werden kann.

30 Mit der in Figur 1 dargestellten Anordnung lässt sich das erfindungsgemäße Verfahren  
zur Bearbeitung der Abtastsignale inkrementeller Positionsmesssysteme in der Weise  
durchführen, dass aufgrund eines durch die Einspeicher-Logik 3 klassifizierten und wei-  
tergeleiteten Signalabrufs, der entweder extern über den Abruf-Eingang 4 oder intern

über den Einspeicherport 13 durch eine entsprechende Programmierung der Prozessoreinheit 1 ausgelöst wird, mittels des hierfür vorgesehenen Signal-Einganges 2 neue analoge Abtastsignale (Messwerte der Positionsmesseinrichtung) in Form zueinander phasenverschobener, analoger Strom- oder Spannungssignale dem Analog-/Digitalwandler 20 zugeführt und dort digitalisiert werden. Diese digitalisierten Abtastsignale werden in dem Mikroprozessor 10 der Prozessoreinheit 1 korrigiert, wobei insbesondere Abweichungen von dem vorgegebenen Phasenversatz der Abtastsignale (beispielsweise  $90^\circ$ ), Abweichungen in der Amplitude der Phasensignale sowie ein möglicher Signal-Offset zur Erzeugung korrigierter, idealer Abtastsignale kompensiert werden. Weiterhin können hierbei unerwünschte Oberwellenanteile der Eingangssignale (durch zeitgesteuertes Triggern) eliminiert werden, welche ebenfalls zu Fehlern bei der nachfolgenden Signalverarbeitung in der Auswerteeinheit führten. Die Prozessoreinheit 1 dient daher insbesondere als Korrektoreinheit. Die korrigierten Abtastsignale werden anschließend in dem Mikroprozessor 10 interpoliert. Die zur Durchführung der Interpolation sowie der Korrektur erforderlichen Algorithmen sind in dem Arbeitsspeicher 15 abgelegt.

Außerdem werden die analogen Abtastsignale von dem Signalperioden-Zähler 12 der Prozessoreinheit 1 ausgewertet, der ausgangsseitig mit dem Mikroprozessor 10 gekoppelt ist. Aus der Zählung der Signalperioden sowie der Korrektur und Interpolation der Abtastsignale ergeben sich die korrigierten Messwerte, die über den Bus 6 in serieller Form zur weiteren Auswertung der Auswerteeinheit (Computer) zugeführt werden.

Erfindungsgemäß wird vorliegend nach jedem Signalabruf, d.h. nach jedem Einspeicherimpuls, der die Zufuhr neuer, zu korrigierender Abtastsignale zu der Prozessoreinheit 1 bewirkt, eine Latenzzeit reserviert, in der der Prozessoreinheit 1 keine neuen zu korrigierenden Abtastsignale zugeführt werden, sondern von der Prozessoreinheit 1 ausschließlich Abtastsignale erfasst werden, die der Erzeugung von Korrekturdaten dienen, mit denen die vom Positionsmesssystem erzeugten Abtastsignale unter Verwendung geeigneter, bekannter Korrekturalgorithmen zur Schaffung idealer Abtastsignale verknüpft werden können. Die Erzeugung derartiger Korrekturdaten und die Art und Weise von deren Verknüpfung mit den Abtastsignalen ist bekannt, so dass dies hier nicht näher beschrieben wird. Stattdessen wird beispielhaft auf die DE 197 12 622 A1 sowie den darin angegebenen, weiteren Stand der Technik verwiesen.

Der Abruf der Erzeugung von Korrekturdaten dienender Abtastsignale erfolgt während der Latenzzeit über den internen Einspeicher-Port 13 und die Einspeicher-Logik 3. Letztere selektiert alle Signalabrufe dahingehend, ob Sie die Zufuhr zu korrigierender Abtastsignale oder die Zufuhr der Erzeugung von Korrekturdaten dienender Abtastsignale zu der Prozessoreinheit 1 bewirken sollen. Erstere werden während der Latenzzeit nicht zugelassen, also insbesondere keine extern über den Abruf-Eingang 4 angelegten Signalabrufe. Zur Ausführung weitergeleitet werden vielmehr nur solche Signalabrufe, die über den internen Einspeicher-Port 13 zu der Einspeicher-Logik 3 gelangen und der Erzeugung neuer Korrekturdaten dienen.

Figur 2 zeigt schematisch eine Folge externer Signalabrufe in Form von Einspeicherimpulsen E, die jeweils in einem zeitlichen konstanten Abstand T von beispielsweise 100  $\mu$ s (entsprechend einem definierten Abfrageraster) auftreten und die Zufuhr neuer, zu korrigierender Abtastsignale zu der Prozessoreinheit 1 (während der Dauer des jeweiligen Einspeicherimpulses E) bewirken. Jedem dieser Einspeicherimpulse E ist ein Zeitfenster (Latenzzeit)  $\Delta t$  von beispielsweise 15 bis 20  $\mu$ s zugeordnet, in dem von der Prozessoreinheit 1 keine neuen, zunächst zu korrigierenden und dann auszuwertenden Abtastsignale des Positionsmesssystems sondern ausschließlich der Erzeugung von Korrekturdaten dienende Abtastsignale zugeführt werden. D.h., während des besagten, dem jeweiligen Einspeicherimpuls E nachfolgenden Zeitfensters  $\Delta t$  können über den Einspeicherport 3 keine zusätzlichen Signalabrufe bewirkt werden, die zu der Zufuhr weiterer zu korrigierender und anschließend auszuwertender Abtastsignale zu der Prozessoreinheit 1 führen würden.

In praxe kann der Beginn des jeweiligen Zeitfensters  $\Delta t$  auch mit der ersten, abfallenden Flanke des jeweiligen Einspeicherimpulses E zusammenfallen, da die Dauer der Messwerterfassung (Dauer der Erfassung aktueller, zu korrigierender und auszuwertender Abtastsignale des Positionsmesssystems einschließlich deren Zufuhr zum Mikroprozessor 10) bekannt ist und in der Regel gleich der Dauer des jeweiligen Einspeicherimpulses E ist. Das Zeitfenster  $\Delta t$  ist dann so zu wählen, dass nach der Messwerterfassung genügend Zeit für die Erfassung solcher Abtastsignale zur Verfügung steht, die zur Erzeugung neuer Korrekturdaten verwendet werden. Während dieses zweiten Abschnittes des



Zeitfensters  $\Delta t$  werden dann keine Abtastsignale erfasst, die zur späteren Auswertung in einer Folgeelektronik oder dergl. korrigiert werden müssen. Entscheidend ist also allein, dass nach einem Messwertabruf in Form eines Einspeicherimpulses E jeweils (in irgend einer Weise) ein hinreichend langer Zeitabschnitt bereitgestellt wird, in dem ausschließlich solche Abtastsignale erfasst und dem Mikroprozessor zugeführt werden, die zur Erzeugung von Korrekturdaten dienen.

\*\*\*\*\*

**Patentansprüche**

1. Verfahren zur Korrektur der Abtastsignale inkrementaler Positionsmesseinrichtungen, die Abweichungen gegenüber idealen Signalen aufweisen, die von einer nachgeordneten Auswerteeinheit vorausgesetzt werden, wobei die Abtastsignale aufgrund eines Signalabrufes einer Korrekturereinheit zugeführt und dort zur Durchführung der Korrektur mit Korrekturdaten verknüpft werden, die unter Berücksichtigung aktueller Werte der Abtastsignale erzeugt wurden,

**dadurch gekennzeichnet,**

dass der Korrekturereinheit (1) nach jedem Abruf neuer, zu korrigierender Abtastsignale während mindestens eines vorgegebenen Zeitabschnittes ( $\Delta t$ ) ausschließlich Abtastsignale zugeführt werden, die zur Erzeugung von Korrekturdaten verwendet werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Signalabrufe mittels einer Logikeinrichtung (3) dahingehend überprüft werden, ob sie sich auf Abtastsignale beziehen, die in der Korrekturereinheit (1) einer Korrektur unterworfen werden sollen, oder auf Abtastsignale, die der Erzeugung von Korrekturdaten dienen.

3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass während des vorgegebenen Zeitabschnittes ( $\Delta t$ ) keine Signalabrufe ausgeführt werden, die sich auf in der Korrekturereinheit (1) zu korrigierende Abtastsignale beziehen.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der vorgegebene Zeitabschnitt ( $\Delta t$ ) kürzer ist als die kürzeste Zeitdifferenz ( $T$ ) zwischen zwei Signalabrufen neuer, zu korrigierender Abtastsignale.
- 5
5. Verfahren nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Abrufe zu korrigierender Abtastsignale in konstanten Zeitabständen ( $T$ ) erfolgen und dass der vorgegebene Zeitabschnitt ( $\Delta t$ ) kürzer ist als jene Zeitabstände ( $T$ ).
- 10
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Abtastsignale durch Analogsignale gebildet werden, die vor der Zufuhr zu der Korrekturereinheit digitalisiert werden.
- 15
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Korrekturereinheit aufgrund eines Abrufes zu korrigierender Abtastsignale jeweils mindestens zwei zueinander phasenverschobene, zu korrigierende Abtastsignale zugeführt werden.
- 20
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Signalabrufe durch einen Mikroprozessor (10) der Korrekturereinheit (1) oder durch einen externen Impuls ausgelöst wird.
- 25
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Korrekturdaten in Abhängigkeit von aktuellen Werten der Abtastsignale in einem Mikroprozessor (10) erzeugt werden.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Korrektur der Abtastsignale mittels mindestens eines vorgegebenen Korrekturalgorithmus erfolgt.

\*\*\*\*\*

### Zusammenfassung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Korrektur der Abtastsignale inkrementaler Positionsmesseinrichtungen, die Abweichungen gegenüber der Signalform aufweisen, die von einer nachgeordneten Auswerteeinheit vorausgesetzt wird, wobei die Abtastsignale aufgrund eines Signalabrufes einer Korrekturereinheit zugeführt und dort zur Durchführung der Korrektur mit Korrekturdaten verknüpft werden, die unter Berücksichtigung aktueller Werte der Abtastsignale erzeugt wurden. Erfindungsgemäß werden der Korrekturereinheit (1) nach jedem Signalabruf während mindestens eines vorgegebenen Zeitabschnittes ( $\Delta t$ ) ausschließlich Abtastsignale zugeführt, die zur Erzeugung von Korrekturdaten verwendet werden.

Fig. 1

FIG 1

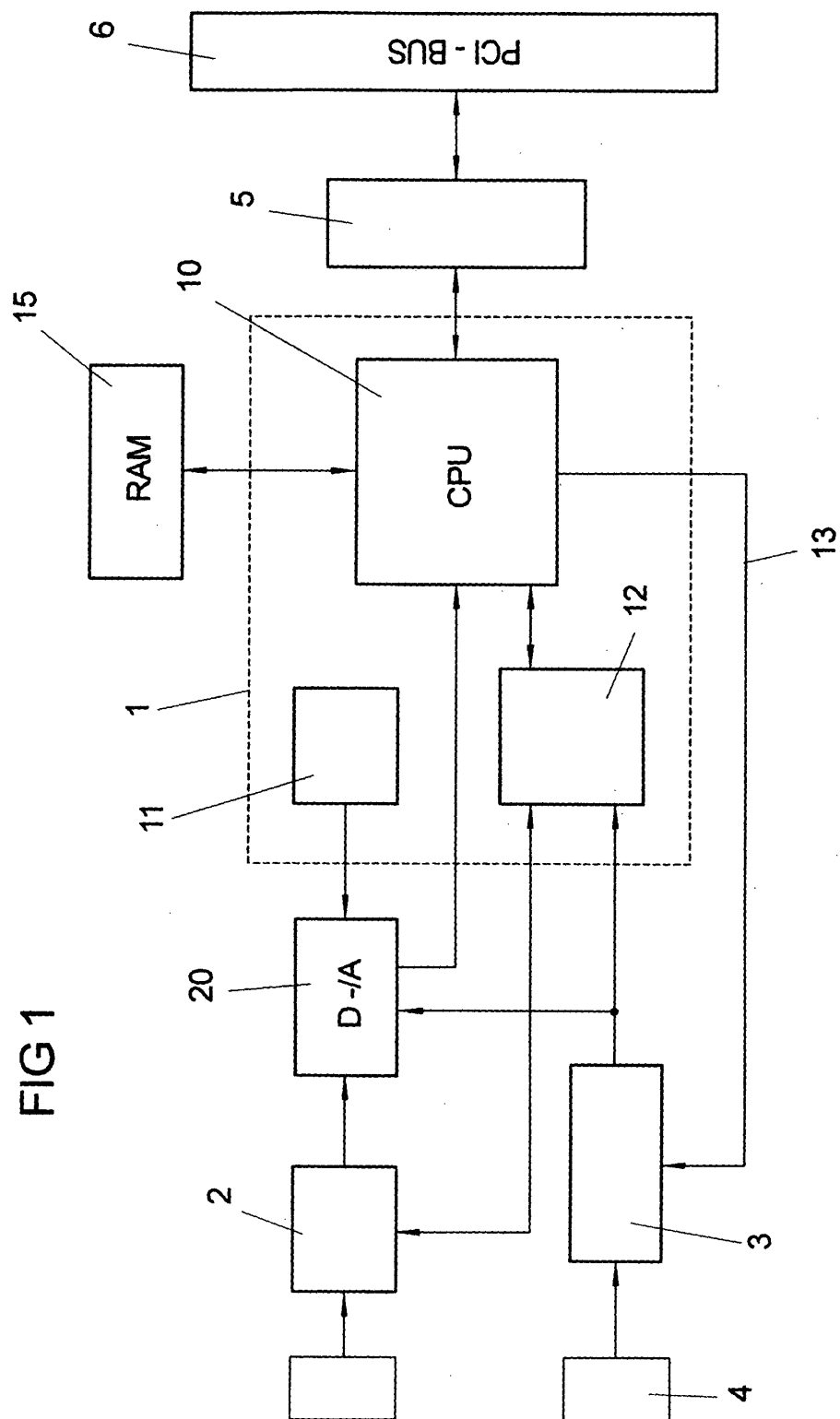


FIG 2

